

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН

«Институт физической химии
и электрохимии имени А. Н. Фрумкина
РАН (ИФХЭ РАН)»

член-корреспондент РАН

Буряк А. К.



«20» августа 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН)»
на диссертационную работу **Разницыной Варвары Михайловны**
«Влияние природы и структуры имидазолиевых ионных жидкостей на сорбцию кислород-
и азотсодержащих органических соединений на неполярных сорбентах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.4 – физическая химия

1. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Разницыной Варвары Михайловны выполнена на кафедре физической химии и хроматографии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" (Самарский университет) и посвящена решению актуальной научной проблемы физической химии – изучению сорбции соединений на межфазной границе.

Биологически активные соединения (флавоноиды, ароматические кислоты, бензи-мидазолы) обладают структурным многообразием и содержат в своей структуре как гидрофобные, так и гидрофильные фрагменты, что обуславливает их сложное поведение в сорбционных и хроматографических системах. Оптимизация условий хроматографического анализа играет ключевую роль в идентификации и определении этих соединений методом ОФ ВЭЖХ. Для повышения эффективности этих процессов необходимы глубокие знания механизмов сорбции, включая термодинамические аспекты и особенности межмолекулярных взаимодействий между сорбатом и сорбентом.

Особую актуальность приобретает использование ионных жидкостей, способных существенно влиять на селективность и эффективность сорбции и хроматографического разделения. Их применение открывает новые возможности для управления процессами удерживания и разделения биологически активных соединений. Диссертационное исследование В.М. Разницыной посвящено изучению влияния имидазолиевых ионных жидкостей на сорбционные и термодинамические характеристики сорбции биологически активных соединений на неполярных сорбентах из водно-органических растворов в условиях ОФ ВЭЖХ.

2. Структура и объем диссертации

Диссертация представлена в печатном виде с текстом, состоящим из введения, обзора литературы, экспериментальной части, обсуждения результатов, заключения, списка использованных источников из 149 наименований, приложения. Текст работы изложен на 166 страницах, включает 85 рисунков и 21 таблицу, из которых 7 рисунков и 16 таблиц в приложении.

Во введении автором четко обоснована актуальность работы, определены цели и задачи исследования, приведена научная новизна и практическая значимость работы. Сформулированы положения, выносимые на защиту, дана информация об апробации работы и сделанных публикациях по ее результатам, обозначена характеристика личного вклада соискателя в выполненные исследования. Из представленной информации следует, что работа имеет необходимое для диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук содержание.

Обзор литературы (глава 1) включает общие сведения об ионных жидкостях и их структурном многообразии. Автором подробно изучено применение ионных жидкостей в сорбционных и хроматографических процессах. Акцент сделан на новейшие российские и мировые исследования в области сорбции соединений из водно-органических растворителей. Большое внимание уделено рассмотрению механизмов сорбции соединений в системах с ионными жидкостями. Описаны сорбенты различной природы, используемые в обращенно-фазовой ВЭЖХ. Материал изложен логично и четко, обосновывает актуальность исследования.

Во второй главе описаны используемые в работе реагенты и оборудование, перечислены объекты исследования и их физико-химические характеристики, рассчитанные методом квантово-химического моделирования. Указаны условия хроматографического эксперимента. Приведены формулы, используемые для расчета хроматографических и

термодинамических характеристик сорбции исследуемых сорбатов в рассматриваемых системах с ионными жидкостями.

В третьей главе описана сорбция флавоноидов и ароматических кислот из водно-ацетонитрильных и водно-метанольных растворов на модифицированных кремнезёмных сорбентах. Рассмотрена взаимосвязь между структурой сорбатов и их сорбцией на гекса- и октадецилсиликагеле, оценено влияние природы и структуры имидазольных ионных жидкостей на хроматографическое поведение сорбатов в рассматриваемых системах и эффективность процесса. Предложены возможные механизмы действия ионных жидкостей при сорбции соединений на кремнезёмных сорбентах. Проведен анализ концентрационных зависимостей сорбатов в исследуемом диапазоне содержания органического модификатора в рамках полуэмпирических моделей Снайдера-Сочевинского, Сочевинского-Вахтмейстера и Скотта-Кучеры. Оценено влияние добавки трифторуксусной кислоты на хроматографический анализ некоторых флавоноидов. Изучена термодинамика сорбции в системах с ионными жидкостями. Проведено сравнение факторов удерживания и величин энтальпии сорбции сорбатов на кремнезёмных сорбентах в зависимости от длины привитой алкильной цепи модифицированного силикагеля.

Четвертая глава посвящена изучению сорбции кислород- и азотсодержащих соединений на полимерном сорбенте – сверхсшитом полистироле. Автором изучена взаимосвязь «структура – сорбция», оценено влияние трифторуксусной кислоты на механизм сорбции флавоноидов и ароматических кислот в системах с бромидными ионными жидкостями. Рассмотрены концентрационные и температурные зависимости удерживания.

В пятой главе автором изучена сорбция производных бензойной и коричной кислот на углеродном сорбенте HypercarbTM. Приведены хроматограммы смеси ароматических кислот в рассматриваемых системах. Оценено влияние ионных жидкостей на эффективность процесса и селективность разделения. Изучены сорбционные полуэмпирические модели удерживания и влияние трифторуксусной кислоты на их выполнимость в исследуемом диапазоне содержания органического модификатора. Рассмотрено влияние имидазольных ионных жидкостей на изменение термодинамических параметров сорбции исследуемых сорбатов из водно-ацетонитрильных и водно-метанольных растворов.

В заключении подведен итог выполненных исследований, сформулированы основные выводы, полностью соответствующие поставленным целям и задачам.

Далее приведен список используемой литературы и приложение к диссертации.

Автореферат представляет сжатое изложение результатов диссертации и в полной мере отражает ее содержание. Содержание диссертации соответствует сформулированной цели работы. Выводы по работе отражают полученные результаты.

По объему и структуре работа соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым на соискание степени кандидата наук.

3. Новизна, достоверность и практическая ценность полученных результатов

Новизна полученных соискателем результатов не вызывает сомнений и заключается в следующих аспектах:

1. Исследована взаимосвязь между структурой сорбатов, их физико-химическими параметрами и их удерживанием на неполярных сорбентах различной природы;
2. Проведён сравнительный анализ традиционных растворителей и систем с имидазолиевыми ионными жидкостями в контексте их применения в жидкостной хроматографии. Оценено влияние природы и структуры имидазолиевых ионных жидкостей на сорбцию соединений на межфазной границе;
3. Изучено влияние качественного и количественного состава элюента на сорбционные характеристики исследуемых сорбатов на неполярных сорбентах в системах с имидазолиевыми ионными жидкостями. Оценена применимость сорбционных полуэмпирических моделей удерживания на сорбцию изучаемых соединений в исследуемом диапазоне концентраций органического модификатора;
4. Рассчитаны энтальпия и энтропийная составляющая процесса сорбции исследуемых соединений из водно-органических растворов на неполярных сорбентах различной природы в системах с имидазолиевыми ионными жидкостями;
5. Оценено влияние природы и структуры имидазолиевых ионных жидкостей на эффективность хроматографического процесса и селективность разделения кислород- и азотсодержащих соединений на неполярных сорбентах.

Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования заключается в получении экспериментальных данных сорбционных характеристик сорбатов в системах с имидазолиевыми ионными жидкостями. В работе рассчитаны величины изменения стандартных энтальпий и энтропийных составляющих процесса сорбции соединений в различных системах с ионными жидкостями. Полученные результаты применимы как для теоретических, так и для практических исследований и разработок в области теории адсорбции и хроматографического анализе соединений.

Достоверность полученных результатов исследования определяется использованием комплекса современных инструментальных методов, статистической оценкой погрешностей измерений и расчетов, а также хорошей воспроизводимостью всех полученных результатов.

4. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные В.М. Разницыной научные результаты рекомендуются к ознакомлению и практическому использованию на предприятиях и в научных организациях, где ведутся фундаментальные исследования в области адсорбции соединений на межфазной границе, а также исследования по разработке и совершенствованию уже существующих методик качественного и количественного определения биологически активных соединений в многокомпонентных смесях методом жидкостной хроматографии: Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Санкт-Петербургском государственном университете, Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского, Новосибирском национальном исследовательском государственном университете, Самарском государственном техническом университете, ООО «Пранафарм», ПАО «Озон Фармацевтика», а также в иных организациях.

5. Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. При изучении термодинамики сорбции исследуемых соединений в работе приведены значения стандартных энтальпий сорбции. Почему в диссертационной работе не рассчитывались значения энтропии сорбции соединений в рассматриваемых системах? В чем сущность термодинамического компенсационного эффекта? Насколько сильно природа ионных жидкостей влияет на этот эффект?
2. В работе упоминается гидрофильный механизм удерживания соединений на углеродном сорбенте HupercarbTM. Во всех ли системах с ионными жидкостями и для всех ли соединений это характерно?
3. В работе было исследовано влияние ионных жидкостей на удерживание ароматических кислот на графитоподобном сорбенте, но не рассмотрена сорбция флавоноидов. Почему данный класс сорбатов не был изучен в этих системах?
4. Какой механизм влияния ионных жидкостей на эффективность хроматографического процесса предполагается автором диссертации?
5. В тексте диссертации встречаются немногочисленные опечатки и ошибки пунктуации, а также неудачные формулировки.

Сделанные выше замечания являются частными и не влияют на общую положительную оценку работы.

6. Заключение о соответствии диссертационной работы требованиям ВАК Минобрнауки России.

Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, написана грамотным научным языком, оформлена с использованием широкого набора первичных экспериментальных данных и иллюстративного материала. Выдержана логическая последовательность изложения: введение, обзор литературы, описание объектов и методик исследования, экспериментальные данные, обсуждение результатов и выводы.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.4.4 физическая химия (химические науки) по п. 1 «Экспериментально-теоретическое определение энергетических и структурно-динамических параметров строения молекул и молекулярных соединений, а также их спектральных характеристик», п. 3 «Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях».

По материалам диссертации опубликовано 5 статей в реферируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК Минобрнауки РФ и индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus (четвертый квартиль, Q4). Материалы диссертации достаточно полно представлены в опубликованных статьях и апробированы на международных и всероссийских конференциях. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

По объёму выполненных исследований, актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа Разницыной Варвары Михайловны «Влияние природы и структуры имидазолиевых ионных жидкостей на сорбцию кислород- и азотсодержащих органических соединений на неполярных сорбентах» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), а ее автор, Разницына Варвара Михайловна, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия.

Содержание работы, автореферат и отзыв на диссертацию Разницыной В.М. рассмотрены и одобрены на заседании лаборатории физико-химических основ хроматографии и хромато-масс-спектрометрии Института физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН) «19» августа 2026 г., протокол № 2 от 19.08.2026 г.

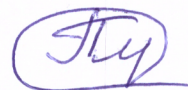
На заседании присутствовали:

директор ИФХЭ РАН член-корреспондент РАН Буряк А.К.; доктор химических наук Старианиди А.Н.; кандидаты наук: Гриневич О.И., Иванова Ю.П., Лебедев В.В., Миненкова И.В., Пыцкий И.С., Самухина Ю.В., Хабаров В.Б., Шафигулин Р.В.

Зам. председателя коллоквиума

к.х.н., в.н.с.

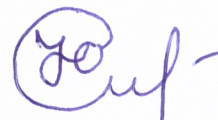
Иван Сергеевич Пыцкий



Секретарь коллоквиума

к.ф.-м.н., с.н.с.

Юлия Владимировна Самухина



Отзыв составил:

к.х.н.,

в.н.с. лаборатории физико-химических
основ хроматографии и хромато-масс-спектрометрии

Института физической химии и

электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН

E-mail: ivanpic4586@gmail.com

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, 31, стр.4

Тел. +7(495) 954-86-73, +7(495) 955-46-01

Иван Сергеевич Пыцкий

